

**PERBANDINGAN KEKUATAN BALOK BETON MENGGUNAKAN
BEGEL MODEL RANGKA DENGAN BALOK BETON MENGGUNAKAN
BEGEL BIASA**

Naskah Publikasi

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1 Teknik Sipil



disusun oleh :

Bambang Yuliawan
NIM : D 100 070 036

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2015**

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN KEKUATAN BALOK BETON MENGGUNAKAN BEGEL MODEL RANGKA DENGAN BALOK BETON MENGGUNAKAN BEGEL BIASA

Naskah Publikasi

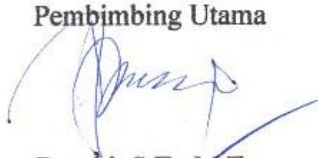
diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran
Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji
Pada Tanggal *22 September 2015*

Disusun oleh :


Bambang Yuliawan
NIM : D100 070 036

Susunan Dewan Penguji :


Pembimbing Utama


Basuki, S.T. M.T.
NIK : 783

Pembimbing Pendamping


Ir. H. Suhendro Trinugroho, M.T.
NIK : 732

Anggota Dewan Penguji :


Ir. H. Aliem Sudjarmiko, M.T.
NIP : 131683033

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil

Surakarta, *30 September 2015*

Dekan Fakultas Teknik


Ir. Sri Sunariono M.T. PhD.
NIK : 682

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Dr. Mochamad Solikhin.
NIK : 792

PERBANDINGAN KEKUATAN BALOK BETON MENGGUNAKAN BEGEL MODEL RANGKA DENGAN BALOK BETON MENGGUNAKAN BEGEL BIASA

Bambang Yuliawan

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta Jl. A. Yani Pabelan
Kartosuro Tromol Pos 1 Telp. (0271) 71741
Email: bambangyuliawan17@gmail.com

ABSTRACT

Reinforced concrete beams is one part of building construction whose strength depends on the quality of concrete and steel reinforcement inside. In general reinforcement consists of a concrete beam flexural and shear reinforcement. Flexural mounted horizontally on the beam axis and the bending moment load bearing function, while the shear reinforcement or begel mounted transverse to the axis of the concrete block and serves as a load-bearing shear force. Begel concrete beams using the model order is basically the same with concrete blocks using ordinary begel difference between the two is the use of concrete blocks begel no additional reinforcement frame tilted between a vertical reinforcement structural function. A creative idea to do this research so as to provide a positive contribution to the strength of reinforced concrete beams that will be more beneficial for future research. This study modifies the form of shear reinforcement in general be a reinforcement frame are fastened using bendrat on longitudinal steel wire with a shape resembling a steel frame and flexible further testing on reinforced beams and the results compared with a flexural strength of concrete blocks using ordinary begel. This study uses a strong plan of concrete with 20 MPa, reinforced concrete beam specimen width 10 cm x height 15 cm and a length of 100 cm. Flexural and shear reinforcement using a diameter of 8 mm and 6 mm. Tests carried out among others; concrete compressive strength test, a strong quality test concrete apartment blocks, as well as the test of flexural strength of reinforced concrete beams. Testing of reinforced concrete beam flexural strength must be ensured collapse that occurred was not the collapse of bending and shear failure. The test results obtained showed no increase in the flexural strength concrete beams using begel the model order than ordinary concrete beam using begel. The increase that occurred around (53.40 to 66.15)%. Based on the results obtained from this study showed that the concrete beam using a model begel order to provide positive benefits and can be developed further in order to be useful again.

Keywords: begel order, flexural strength, beams, concrete, steel reinforcement

ABSTRAKSI

Balok beton bertulang adalah salah satu bagian konstruksi bangunan gedung yang kekuatannya tergantung pada mutu beton serta penulangan baja di dalamnya. Pada umumnya penulangan balok beton terdiri dari tulangan lentur dan tulangan geser. Tulangan lentur dipasang secara horizontal dari sumbu balok dan berfungsi menahan beban momen lentur, sedangkan tulangan geser atau begel dipasang secara melintang terhadap sumbu balok beton dan berfungsi sebagai penahan beban gaya geser. Balok beton menggunakan begel model rangka pada dasarnya sama dengan balok beton menggunakan begel biasa perbedaan diantara keduanya adalah balok beton menggunakan begel rangka ada penambahan tulangan miring antara tulangan vertikal yang berfungsi secara structural. Sebuah pemikiran yang kreatif untuk melakukan penelitian ini sehingga memberikan kontribusi yang positif terhadap kekuatan balok beton bertulang sehingga akan lebih bermanfaat untuk penelitian kedepannya. Penelitian ini memodifikasi bentuk tulangan geser pada umumnya menjadi tulangan rangka yang diikat menggunakan kawat bendrat pada tulangan longitudinal dengan bentuk menyerupai rangka baja dan selanjutnya dilakukan pengujian lentur pada balok bertulang tersebut dan hasilnya dibandingkan dengan kuat lentur balok beton menggunakan begel biasa. Penelitian ini menggunakan beton dengan kuat rencana 20 MPa, benda uji balok beton bertulang berukuran lebar 10 cm x tinggi 15 cm serta panjang 100 cm. Tulangan lentur dan tulangan geser menggunakan diameter 8 mm dan 6 mm. Pengujian dilakukan antara lain ; uji kuat tekan beton, uji kualitas kuat susun beton, serta uji kuat lentur balok beton bertulang. Pengujian kuat lentur balok beton bertulang harus dipastikan keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan lentur dan bukan keruntuhan geser. Hasil pengujian yang didapatkan menunjukkan ada peningkatan kuat lentur pada balok beton menggunakan begel model rangka dibandingkan balok beton menggunakan begel biasa. Peningkatan yang terjadi berkisar (53,40 – 66,15) %. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, menunjukkan bahwa balok beton menggunakan begel model rangka memberikan manfaat positif dan dapat dikembangkan lebih lanjut agar bisa lebih bermanfaat lagi.

Kata Kunci : begel rangka, kuat lentur, balok, beton, besi tulangan

PENDAHULUAN

Beton adalah material yang hampir pada setiap aspek kegiatan sehari-hari selalu dijumpai, baik secara langsung maupun tidak langsung. Struktur yang terbuat dari beton bertulang antara lain kolom, balok, lantai, atap, plat lantai jalan, dan jembatan, dan bangunan-bangunan gedung bertingkat. Bahan penyusun beton adalah semen, pasir kerikil dan air. Pada perkembangannya material beton digabungkan dengan baja tulangan yang sering disebut sebagai beton bertulang.

Tulangan yang digunakan untuk balok beton pada saat ini umumnya berupa tulangan memanjang dan tulangan sengkang. Pada waktu tertentu kekuatan suatu beton bertulang sangat dipengaruhi oleh model tulangan beton itu sendiri. Oleh karena itu, semakin berkembangnya variasi model penulangan rangka baja untuk balok maka dilakukan penelitian perbandingan antara “balok beton menggunakan begel model rangka” dengan “balok beton menggunakan begel biasa”.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk membandingkan kuat lentur balok beton menggunakan begel model rangka dengan balok beton menggunakan begel biasa dan membandingkan efisiensi bahan balok beton menggunakan begel model rangka dengan balok beton menggunakan begel biasa.

Manfaat Penelitian

Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan dapat memberikan pandangan kepada masyarakat tentang variasi model penulangan untuk balok beton bertulang. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan tambahan sumbangsih pemikiran tentang ilmu pengetahuan, khususnya para peneliti agar dapat dikembangkan lebih lanjut guna mencari variasi penulangan lebih efisien dengan hasil yang optimum dan biaya yang seminimal mungkin.

Batasan Masalah

Penelitian ini perlu adanya suatu batasan masalah supaya pembahasan tidak meluas kemana-mana. Adanya bahan dan batasan penelitian dapat dirinci sebagai berikut :

- 1). Semen yang digunakan yaitu semen *Portland* jenis I dengan merk Semen Gresik.
- 2). Pasir / Agregat halus yang digunakan berasal dari Kaliworo, Klaten.
- 3). Agregat Kasar / Split yang digunakan berasal dari Boyolali.
- 4). Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 5). Pengujian tekan berupa silinder beton berdiameter =15 cm dan tinggi =30 cm.
- 6). Pengujian lentur berupa benda uji berupa balok beton 10 x 15 x 100 cm.
- 7). Variasi diameter besi tulangan adalah 6 mm dan 8 mm.
- 8). FAS : 0,60.
- 9). Mutu beton rencana (f'_{cr}) = 20 MPa.
- 10).Metode *Mix design* yang digunakan adalah ACI.
- 11).Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan ketika benda uji berumur 28 hari.
- 12).Data pengujian kuat tarik besi tulangan dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik

Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- 13).Pelaksanaan pengujian kuat tekan dan pengujian kuat lentur dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 14).Spasi begel 50 mm.
- 15).Digunakan kawat galvanis ϕ 2,25 mm sebagai pengikat rangka tulangan baja.

TINJAUAN PUSTAKA

Sengkang atau Begel Pada Balok Bertulang

Karena begel atau sengkang Adalah unsur yang tak dapat disepelekan, maka perencanaan tulangan geser ini harus direncanakan untuk memikul beban geser. Pencerminan persyaratan pentingnya begel ini dituangkan dalam peraturan-peraturan beton Indonesia, PBI-71 dan PB 89. Berikut ini beberapa persyaratan tulangan begel antara lain sebagai berikut ini.

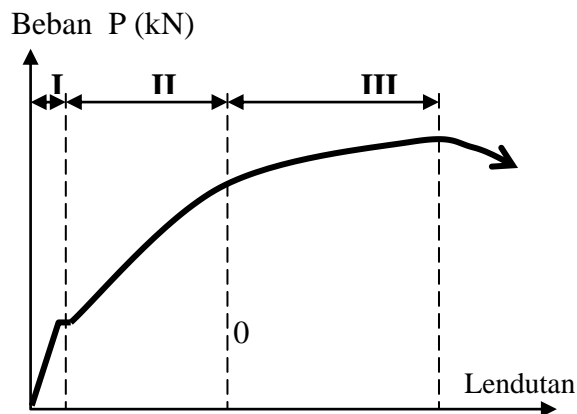
Pada balok senantiasa harus dipasang sengkang. Jarak sengkang tidak boleh diambil lebih dari 30 cm, sedangkan di bagian-bagian balok dimana sengkang-sengkang bekerja sebagai tulangan geser, jarak sengkang-sengkang tersebut tidak boleh diambil lebih dari $2/3$ dari tinggi balok. Diameter batang sengkang tidak boleh diambil kurang dari 6 mm pada jenis baja lunak dan sedang dan 5 mm pada jenis baja keras.

Ada beberapa macam tulangan sengkang pada balok, yaitu tulangan sengkang vertikal, tulangan sengkang spiral, tulangan sengkang miring. Dari ketiga bentuk tulangan sengkang tersebut di atas, bentuk tulangan sengkang vertikal lebih sering dipergunakan pada konstruksi balok beton bertulang karena faktor kemudahan pembuatan dan pelaksanaannya. Untuk bentuk penampang balok beton persegi empat, maka tulangan sengkang dibuat membentuk persegi empat pula dengan ujung-ujung bengkokan yang saling bertemu. Ujung-ujung bengkokan tulangan sengkang vertikal ini dibuat membentuk sudut 135° sesuai dengan SKSNI dan ada yang dibuat membentuk sudut 90° yaitu yang sering dijumpai di pasaran. Berdasarkan bentuk bengkokan kedua jenis

tulangan sengkang vertikal, dimungkinkan bentuk bengkokan yang membentuk sudut 135° akan lebih kuat ikatannya dibandingkan dengan bentuk bengkokan yang membentuk sudut 90° .

Berdasarkan hasil penelitian terhadap balok beton bertulang dengan menggunakan tulangan sengkang vertikal model SKSNI (bengkokan ujung 135°) dan model pasaran (bengkokan ujung 90°) didapatkan hasil bahwa kekuatan geser sengkang vertikal model SKSNI cenderung lebih besar dibandingkan dengan kekuatan sengkang vertikal model pasaran. Selisih kekuatan geser antara kedua jenis tulangan tersebut cukup signifikan, yaitu berkisar antara 16,82% - 81,41%. Tulangan sengkang vertikal model SKSNI lebih kuat dibandingkan model pasaran disebabkan oleh adanya bengkokan ujung-ujung yang membentuk sudut 135° , dan berdampak pada ikatan antara tulangan sengkang vertikal model SKSNI tersebut dengan tulangan lentur menjadi lebih kuat dibandingkan ikatan pada sengkang vertikal model pasaran.

Hubungan Beban dan Lendutan



Gambar 1. Hubungan beban-defleksi pada balok (E.G.Nawy, 1990)

Hubungan beban-defleksi balok beton bertulang pada dasarnya dapat diidealisasikan menjadi bentuk *trilinier* sebelum terjadi *rupture* seperti pada diagram gambar 2.11 (Nawy, 2003):

Daerah I : *Taraf praretak*, dimana batang-batang strukturalnya bebas retak. Segmen praretak dari kurva beban - defleksi berupa garis lurus yang memperlihatkan perilaku elastis penuh. Tegangan tarik maksimum pada balok lebih kecil dari kekuatan tariknya akibat lentur

atau lebih kecil dari modulus rupture (f_r) beton. Kekakuan lentur EI balok dapat diestimasi dengan menggunakan modulus young E_c dari beton, dan momen inersia penampang balok tak retak.

$$E_c = 0,043 w_c^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'}$$

Untuk beton normal

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

Modulus elastisitas baja

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$$

Untuk estimasi akurat momen inersia (I) memerlukan peninjauan kontribusi tulangan A_s . Ini dapat dilakukan dengan mengganti luas baja dengan luas beton ekivalen $(E_s/E_c)A_s$ karena E_s lebih besar dari E_c .

Daerah II : *Taraf beban pascaretak*, dimana batang-batang struktural mengalami retak-retak terkontrol yang masih dapat diterima, baik distribusinya maupun lebarnya. Balok pada tumpuan sederhana retak akan terjadi semakin lebar pada daerah lapangan, sedangkan pada tumpuan hanya terjadi retak minor yang tidak lebar. Apabila sudah terjadi retak lentur maka kontribusi kekuatan tarik beton sudah dapat dikatakan tidak ada lagi. Ini berarti pula kekakuan lentur penampangnya telah berkurang sehingga kurva beban - defleksi di daerah ini akan semakin landai dibanding pada taraf praretak. Momen inersia retak disebut I_{cr} .

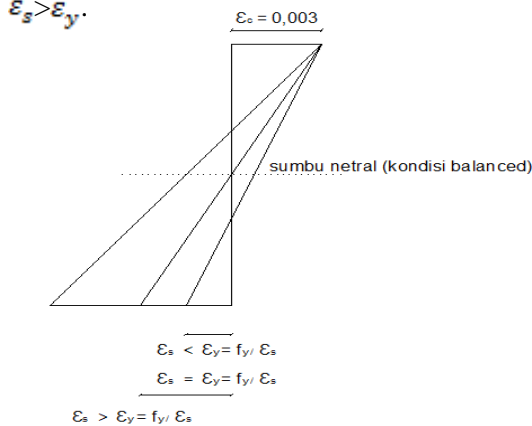
Daerah III : *Taraf retak pasca-serviceability*, dimana tegangan pada tulangan tarik sudah mencapai tegangan lelehnya. Diagram beban defleksi daerah III jauh lebih datar dibanding daerah sebelumnya. Ini diakibatkan oleh hilangnya kekuatan penampang karena retak yang cukup banyak dan lebar sepanjang bentang. Jika beban terus ditambah, maka regangan ϵ_s pada tulangan sisi yang tertarik akan terus bertambah melebihi regangan lelehnya ϵ_y tanpa adanya tegangan tambahan. Balok yang tulangan tariknya telah leleh dikatakan telah runtuh secara struktural. Balok ini akan terus mengalami defleksi tanpa adanya penambahan beban dan retaknya semakin terbuka sehingga garis netral terus mendekati tepi yang tertekan. Pada akhirnya terjadi keruntuhan tekan sekunder yang mengakibatkan kehancuran total pada beton daerah momen

maksimum dan segera diikuti dengan terjadinya *rupture*.

Keruntuhan pada Balok

Berdasarkan jenis keruntuhan yang dialami, apakah akan terjadi leleh tulangan tarik atau hancurnya beton yang tertekan, balok dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok sebagai berikut :

- 1). Penampang *balanced*. Tulangan tarik mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batasnya dan akan hancur karena tekan $\epsilon_c = 0,003$ dan $\epsilon_s = \epsilon_y = f_y/E_s$.
- 2). Penampang *over-reinforced*. Kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak dari yang diperlukan dalam keadaan seimbang. Keruntuhan ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Pada awal keruntuhan, $\epsilon_s < \epsilon_y$ dan $f_s < f_y$.
- 3). Penampang *under-reinforced*. Kondisi ini terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi seimbang. Keruntuhan ditandai dengan lelehnya tulangan baja. Regangan baja melebihi regangan lelehnya, $\epsilon_s > \epsilon_y$.



Gambar 2. Distribusi regangan penampang balok ultimit (Dipohusodo, 1999)

LANDASAN TEORI

Kuat Tarik Baja

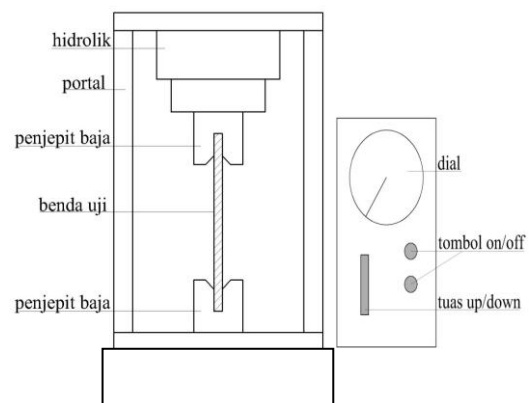
Nilai momen sangat dipengaruhi oleh kuat tarik baja dan diameternya, sehingga perbedaan kuat leleh dan diameternya dapat membedakan momen yang akan terjadi. Data yang diperoleh

dari pengujian tarik adalah kuat leleh baja dan kuat maksimum baja tulangan yang diambil rata-rata dari hasil pengujian benda uji tersebut. Untuk menghitung tegangan leleh baja dan tegangan maksimal baja dengan rumus :

$$f_y = \frac{P_{leleh}}{A} \text{ dan } f_{maks} = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(III.1)$$

dengan :

- P_{leleh} = beban maksimal leleh baja, (N)
- P_{maks} = beban tarik putus baja, (N)
- A = luas benda uji baja, (mm^2)
- f_y = tegangan leleh baja, (MPa)
- f_{maks} = tegangan maksimal baja, (MPa)



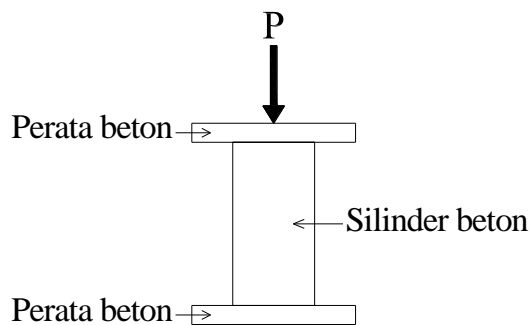
Gambar 3. Skema pengujian kuat tarik baja

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dipengaruhi pada faktor air semen, jenis semen, jumlah semen, sifat agregat dan umur beton (Tjokrodinuljo, 1996). Untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah proses perawatan (perendaman), dilakukan *test* pengujian kuat tekan beton. Benda uji yang digunakan silinder beton dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Prosedur pengujian kuat tekan mengacu pada *Standart Test methode for Compressive of Cylindrical Concrete*.

Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton sebagai berikut :

1. Menimbang benda uji dan mencatat beratnya.
2. Meletakkan benda uji pada mesin tekan dan posisinya diatur agar supaya tepat pada tengah-tengah plat penekan.
3. Pembebanan benda uji dilakukan secara perlahan-lahan dan kontinyu dengan mesin hidrolik sampai benda uji mengalami kehancuran (jarum penunjuk berhenti kemudian salah satunya bergerak turun).
4. Mencatat beban maksimum yang ditunjukkan oleh jarum pada mesin tekan.



Gambar 5. Skema pengujian kuat tekan beton.

Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum (1971), besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

keterangan :

- f'_c = kuat tekan beton (N/mm²)
 P = beban tekan maksimum (N)
 A = luas permukaan benda uji (mm²)

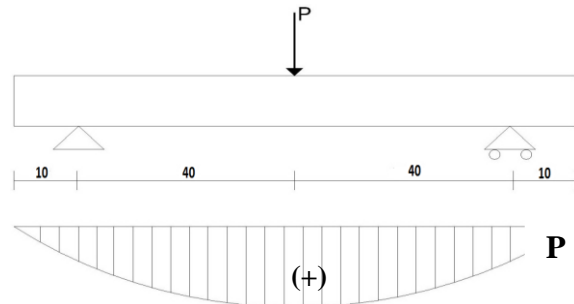
Kuat Lentur Beton

Apabila suatu gelagar balok bentang sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, maka akan terjadi deformasi lentur didalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, tegangan tekan terjadi pada bagian atas dan regangan tarik terjadi di bagian bawah dari penampang, besarnya kuat lentur beton dari benda uji dihitung dengan rumus:

$$M_R = \frac{\frac{1}{4} P.L + \frac{1}{8} q.L^2}{\frac{1}{6} b.h^2} \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

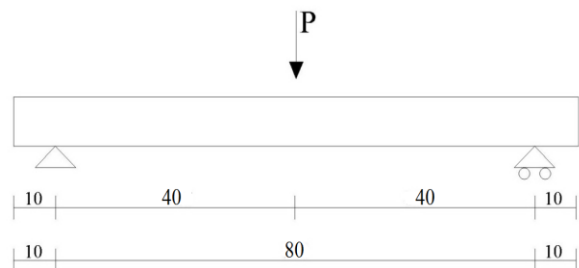
- M_R = Modulus of Rupture, (kN/mm²)
 P = Beban Retak Pertama, (kN)
 L = Panjang Benda Uji, (mm)
 b = lebar benda uji, (mm)
 d = tebal benda uji, (mm)
 h = tinggi benda uji, (mm)



Gambar 4. Skema besarnya momen maksimal.

Momen kapasitas hasil pengujian balok

Pengujian momen kapasitas balok persegi dimaksudkan untuk mengetahui besarnya momen akibat beban dimana pada balok terjadi keruntuhan di daerah tarik. Letak pembebanan adalah sebagai berikut : balok diberi beban titik tepat ditengah bentang dengan jarak 40 cm dari tumpuan dengan jarak antar beban titik 10 cm. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar uji momen kapasitas balok persegi, berikut:



Gambar 6. Skema pengujian kuat lentur

Besarnya momen maksimal oleh beban luar pada benda uji dapat diuraikan sebagai berikut :

$$M_{maks} = \frac{1}{4} P.L + \frac{1}{8} q.L^2 \dots\dots\dots(3)$$

dengan q = berat sendiri balok, (kN)

$$P = P_{runtuh}, (kN/m)$$

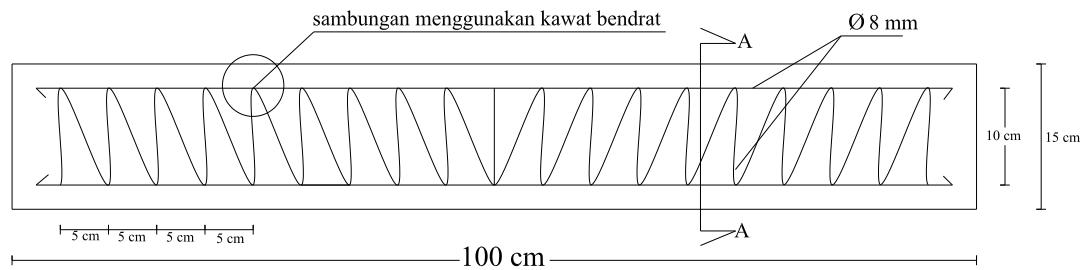
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan langsung untuk mendapatkan suatu

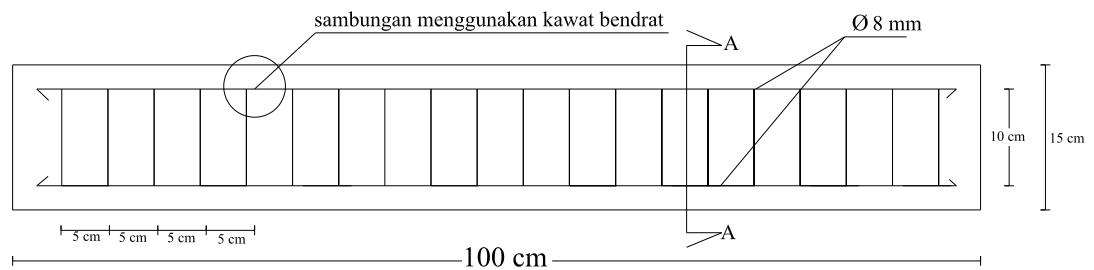
hasil yang menghubungkan variable-variable yang diselidiki. Variable penelitian seperti yang tergambar sebagai berikut :

Variabel penelitian

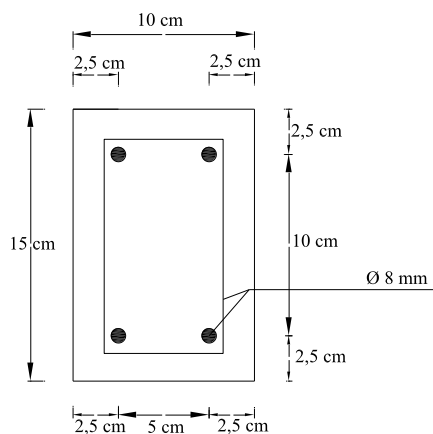
Sket gambar penelitian balok lentur (10 cm x 15 cm x 100 cm) yang akan diteliti sebagai berikut :



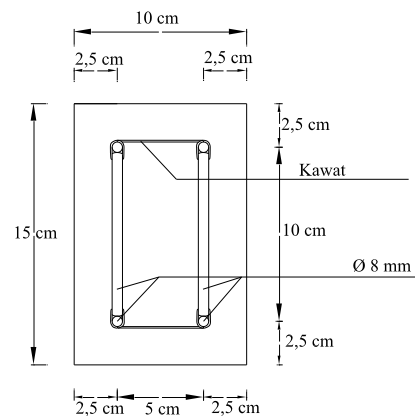
Gambar 7. Sket balok beton menggunakan begel model rangka.



Gambar 8. Sket balok beton menggunakan begel biasa.



Gambar 9. Potongan A-A balok beton menggunakan begel biasa.



Gambar 10. Potongan A-A balok beton menggunakan begel rangka.

HASIL PENELITIAN

Setelah dilakukan keseluruhan tahapan penelitian, maka didapat hasil penelitian sebagai berikut :

Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

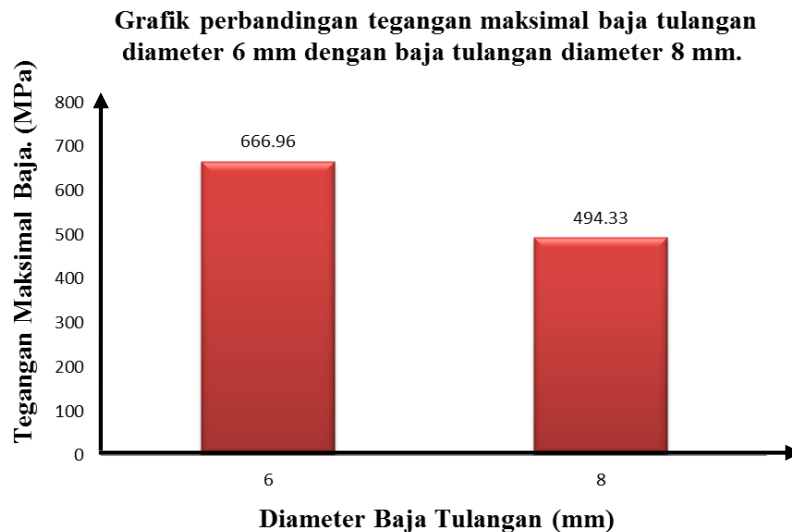
Baja yang digunakan adalah tulangan polos dengan diameter 8 mm dan tulangan polos dengan diameter 6 mm. Pengujian ini menggunakan baja dengan ukuran panjang 35 cm. Rangkuman yang lain dapat dilihat pada tabel.

Tabel 1. Hasil pengujian kuat tarik baja diameter 8 mm.

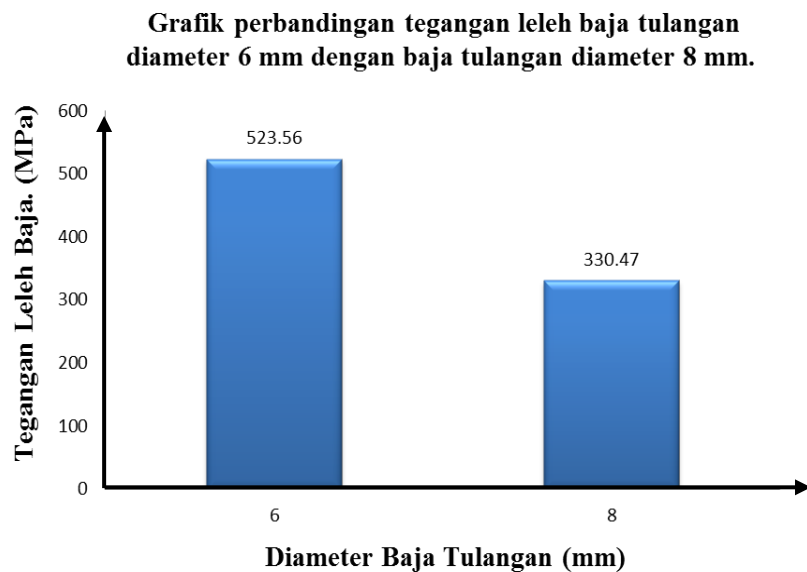
Kode Sampel	Ø (mm)	A (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	f _y (MPa)	f _{max} (MPa)	f _y rata-rata (MPa)	f _{max} rata-rata (Mpa)
BJ81	8	28,27	9386,35	14170,22	332,38	501,25	330,47	494,33
BJ82	8	28,27	9287,99	13779,04	328,55	487,41		

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tarik baja diameter 6 mm.

Kode Sampel	Ø (mm)	A (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	f _y (MPa)	f _{max} (MPa)	f _y rata-rata (MPa)	f _{max} rata-rata (Mpa)
BJ61	6	26,88	14147,26	17228,75	526,31	640,95	523,56	666,96
BJ62	6	25,07	13056,63	17372,67	520,81	692,97		



Gambar 11. Perbandingan tagangan maksimal baja tulangan diameter 8 mm dengan baja tulangan 6 mm.



Gambar 12. Perbandingan tegangan leleh baja tulangan diameter 8 mm dengan baja tulangan 6 mm.

Pada pengujian tarik baja tulangan diameter 8 mm polos memiliki nilai P_{putus} lebih tinggi dari pada tulangan 6 mm polos. Tegangan putus antara tulangan diameter 8 mm dan tulangan diameter 6 mm tidak jauh berbeda, dikarenakan luas penampang yang dijadikan pembagi tulangan 6 mm lebih kecil.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh komposisi dan kekuatan masing-masing bahan penyusun dan lekatan pasta semen yang melekat pada agregat. Beton diuji setelah berumur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian dan perhitungan kuat tekan beton

No	Berat beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Beban Maks (N)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan Maks (MPa)	Kuat Tekan Maks (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Maks Rata-rata (MPa)
1	12,175	340	340000	17662,5	19,250	192,50	18,684
2	11,860	320	320000	17662,5	18,117	181,17	

Mutu beton berdasarkan PBI 1971 dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

- Beton mutu rendah $f'_c < 125 \text{ kg/cm}^2$ (12,5 MPa)
- Beton mutu sedang $12,5 \text{ MPa} < f'_c < 22,5 \text{ MPa}$
- Beton mutu tinggi $f'_c \geq 22,5 \text{ MPa}$

Jadi dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian beton dengan agregat batu pecah termasuk beton mutu sedang.

Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Beton

Perhitungan momen kapasitas hasil pengujian dihitung berdasarkan pembebanan maksimal yang dilakukan pada pengujian kuat lentur balok, ketika dibebani terjadi

keruntuhan. Hasil pengujian kuat lentur pada balok beton bertulang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. Hasil pengujian momen lentur balok beton menggunakan begel model rangka dengan diameter tulangan 6 mm.

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)	M _R (kN/m ²)	M _R rata-rata (kN/m ²)	M _{uji} rata-rata (kN.m)
1	BR61	23	0,34	0,8	4,6272	12339,20	11939,20	4,4772
2	BR62	21,5	0,34	0,8	4,3272	11539,20		

Tabel 5. Hasil pengujian momen lentur balok beton menggunakan begel model rangka dengan diameter tulangan 8 mm.

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)	M _R (kN/m ²)	M _R rata-rata (kN/m ²)	M _{uji} rata-rata (kN.m)
1	BR81	31	0,34	0,8	6,2272	16605,87	15805,87	5,9272
2	BR82	28	0,34	0,8	5,6272	15005,87		

Tabel 6. Hasil pengujian momen lentur balok beton menggunakan begel biasa dengan diameter tulangan 6 mm.

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)	M _R (kN/m ²)	M _R rata-rata (kN/m ²)	M _{uji} rata-rata (kN.m)
1	BB61	15,5	0,34	0,8	3,1272	8339,20	7805,87	2,9272
2	BB62	13,5	0,34	0,8	2,7272	7272,53		

Tabel 7. Hasil pengujian momen lentur balok beton menggunakan begel biasa dengan diameter tulangan 8 mm.

No	Kode	P (kN)	q (kN/m)	L (m)	M _{uji} (kN.m)	M _R (kN/m ²)	M _R rata-rata (kN/m ²)	M _{uji} rata-rata (kN.m)
1	BB81	17	0,34	0,8	3,4272	9139,20	9539,20	3,5772
2	BB82	18,5	0,34	0,8	3,7272	9939,20		

Dari perhitungan momen kapasitas hasil pengujian, didapat bahwa nilai rata-rata momen kapasitas hasil pengujian balok beton menggunakan begel biasa dengan Ø 6 mm adalah 2,9272kN.m dan balok beton menggunakan begel biasa dengan diameter Ø 8 mm adalah 3,5772 kN.m sedangkan nilai rata-rata momen hasil pengujian balok beton menggunakan begel model rangka dengan diameter tulangan 6 mm adalah 4,4772 kN.m dan balok beton menggunakan begel model rangka dengan diameter Ø 8 mm adalah 5,9272 kN.m.

Hasil perbandingan momen lentur balok beton menggunakan begel model rangka dengan balok beton menggunakan begel biasa akan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 8. Hasil perbandingan momen lentur balok beton menggunakan begel biasa tulangan diameter 6 mm dengan tulangan diameter 8 mm.

No	Jenis balok	Momen lentur (kNm)	Selisih momen lentur (kNm)	Prosentase selisih momen lentur (%)	Keterangan
1	balok beton menggunakan begel biasa berdiameter tulangan 6 mm	2,9272	0,650	22,39	Momen lentur balok beton menggunakan begel biasa dengan diameter tulangan 8 mm lebih besar dibandingkan dengan balok beton menggunakan begel biasa dengan diameter tulangan 6 mm
2	balok beton menggunakan begel biasa berdiameter tulangan 8 mm	3,5772			

Tabel 9. Hasil perbandingan momen lentur balok beton menggunakan begel biasa berdiameter tulangan 8 mm dengan balok beton menggunakan begel model rangka berdiameter tulangan 8 mm.

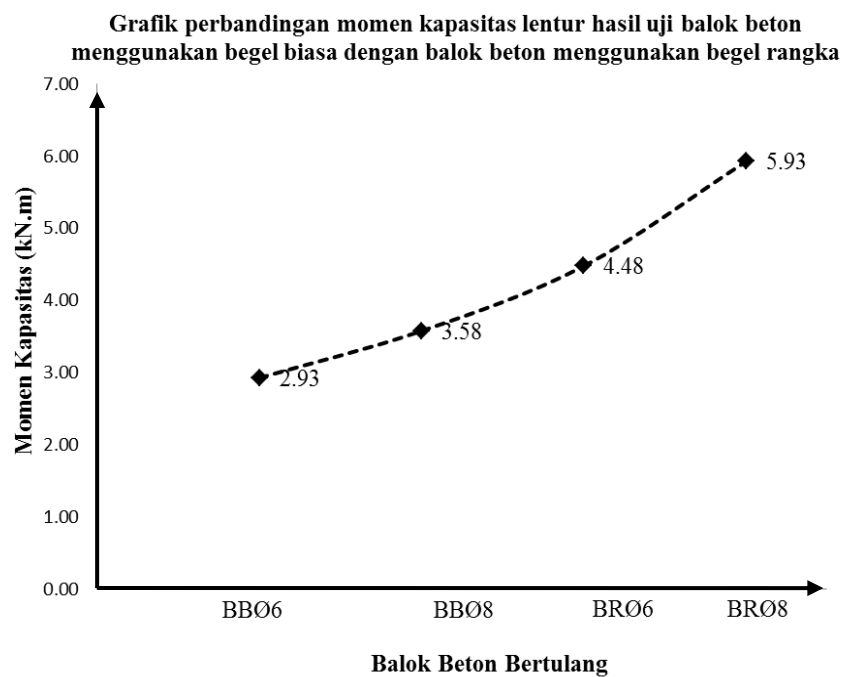
No	Jenis balok	Momen lentur (kNm)	Selisih momen lentur (kNm)	Prosentase selisih momen lentur (%)	Keterangan
1	balok beton menggunakan begel biasa berdiameter tulangan 8 mm	3,5772	2,350	66,15	Momen lentur balok beton menggunakan begel model rangka lebih besar dibandingkan dengan balok beton menggunakan begel biasa pada diameter tulangan 8 mm
2	balok beton menggunakan begel model rangka berdiameter tulangan 8 mm	5,9272			

Tabel 10. Hasil perbandingan momen lentur balok beton menggunakan begel biasa berdiameter tulangan 6 mm dengan balok beton menggunakan begel model rangka berdiameter tulangan 6 mm.

No	Jenis balok	Momen lentur (kNm)	Selisih momen lentur (kNm)	Prosentase selisih momen lentur (%)	Keterangan
1	balok beton menggunakan begel biasa berdiameter tulangan 6 mm	2,9272	1,550	53,40	Momen lentur balok beton menggunakan begel model rangka lebih besar dibandingkan dengan balok beton menggunakan begel biasa pada diameter tulangan 6 mm
2	balok beton menggunakan begel model rangka berdiameter tulangan 6 mm	4,4772			

Tabel 11. Hasil perbandingan momen lentur balok beton menggunakan begel model rangka berdiameter tulangan 6 mm dengan balok beton menggunakan begel model rangka berdiameter tulangan 8 mm.

No	Jenis balok	Momen lentur (kNm)	Selisih momen lentur (kNm)	Prosentase selisih momen lentur (%)	Keterangan
1	balok beton menggunakan begel rangka berdiameter tulangan 6 mm	4,4772	1,450	32,56	Momen lentur balok beton menggunakan begel model rangka dengan diameter tulangan 8 mm lebih besar dibandingkan dengan balok beton menggunakan begel model rangka pada diameter tulangan 6 mm
2	balok beton menggunakan begel model rangka berdiameter tulangan 8 mm	5,9272			



Gambar 14. Grafik perbandingan momen kapasitas lentur hasil uji balok beton menggunakan begel rangka dengan balok beton menggunakan begel biasa.

Keterangan :

BB06 : Balok beton menggunakan begel biasa dengan diameter baja tulangan 6 mm.

BB08 : Balok beton menggunakan begel biasa dengan diameter baja tulangan 8 mm.

BR06 : Balok beton menggunakan begel rangka dengan diameter baja tulangan 6 mm.

BR08 : Balok beton menggunakan begel rangka dengan diameter baja tulangan 8 mm.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian mengenai perbandingan kekuatan balok beton menggunakan begel model rangka dengan balok beton menggunakan begel yang dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta ini adalah sebagai berikut :

- 1). Hasil momen rata-rata momen kapasitas hasil pengujian balok beton menggunakan begel biasa dengan \varnothing 6 mm adalah 2,9272 kN.m dan dengan balok beton menggunakan begel biasa diameter \varnothing 8 mm adalah 3,5772 kN.m sedangkan nilai rata-rata momen hasil pengujian balok beton menggunakan begel model rangka dengan diameter tulangan 6 mm adalah 4,4772 kN.m dan balok beton menggunakan begel model rangka dengan diameter \varnothing 8 mm adalah 5,9272 kN.m.
- 2). Nilai rata-rata kuat tekan silinder beton sebesar 18,684 MPa. Dalam pengujian kuat tekan silinder beton ini dapat disimpulkan bahwa beton dengan agregat batu pecah dengan FAS 0,6 termasuk beton mutu sedang.
- 3). Nilai rata-rata pengujian kuat tarik baja diameter 8 mm adalah f_{\max} 494,33 MPa sedangkan nilai rata-rata kuat tarik baja diameter 6 mm adalah f_{\max} 666,96 MPa. Dalam penelitian pengujian tarik baja tulangan diameter 8 mm polos memiliki nilai P_{putus} lebih rendah dari pada tulangan 6 mm polos. Tegangan putus antara tulangan diameter 8 mm dan tulangan diameter 6 mm tidak jauh berbeda, dikarenakan luas penampang yang dijadikan pembagi tulangan 6 mm.
- 4). Nilai prosentase selisih momen lentur antara balok beton menggunakan begel biasa \varnothing 6 mm dengan balok beton menggunakan begel model rangka \varnothing 6 mm adalah 53,40% sedangkan selisih momen lentur antara balok beton menggunakan begel biasa \varnothing 8 mm dengan balok beton menggunakan begel model rangka \varnothing 8 mm adalah 66,15%.
- 5). Hasil perbandingan kekuatan momen lentur pada balok beton menggunakan begel model rangka dengan balok beton menggunakan begel biasa didapat bahwa balok menggunakan begel model rangka bisa menahan momen lentur lebih besar dibandingkan balok beton menggunakan begel biasa.

A. Saran

Untuk memperoleh hasil yang lebih baik dalam melakukan penelitian balok beton menggunakan begel model rangka dan balok beton menggunakan begel biasa, dikemukakan saran sebagai berikut :

- 1) Dalam pelaksanaan penelitian hendaknya menggunakan dial yang sejenis agar diperoleh data yang seragam.
- 2) Dalam pembuatan sampel hendaknya menggunakan beton yang berasal dari satu adukan agar mutu beton antara masing-masing balok saling berdekatan.
- 3) Dalam proses pencampuran adukan untuk pembuatan benda uji, perlu diperhatikan bahwa masing-masing komponen harus benar-benar tercampur merata atau homogen, agar didapat beton dengan kekuatan maksimal.
- 4) Percobaan ini dilakukan masih dalam skala laboratorium, untuk mendapatkan hasil yang lebih mendekati kenyataan perlu diadakan percobaan dengan ukuran yang mendekati kenyataan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Aris, W., 2010. *Tinjauan Momen Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Penambahan Kawat yang Dipasang Menyilang Pada Tulangan Geser*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Asroni, A., 1997, *Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Univursitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asroni, A., 2003, *Struktur Beton Lanjut*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Univursitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang Berdasar SNI T-15-1991-03 DPU RI*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Fibrianto, E, A. 2005. *Tinjauan Kuat Lentur Balok Bertulang Dengan Agregat Kasar Pecahan Paving Blok*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ghambir, M. L., 1986. *Concrete Technology*. Tata Mc Graw Hill Publishing Company Limited New Delhi.
- Mordock dan K.M. Brook., 1991. *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan Stephany Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, T., 2005. *Teknologi Beton*, Andy Offset, Yogyakarta.
- Sari, S, P, 2003. *Tinjauan Kuat Lentur Balok Beton Dengan Pecahan Genteng Sokka Dengan Diameter Agregat 40 mm*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik
- Tjokrodimuljo, K., 1995. *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.